

10/563274

## 明 細 書

## 光学情報再生装置

## 技術分野

[0001] 本発明は、3次元的に情報を記録することが可能な情報記録媒体から情報を再生する光学情報再生装置に関するものである。

## 背景技術

[0002] 光学情報再生装置は、CD (Compact Disk) 及びDVD (Digital Versatile Disk) 等の光ディスクや光カードメモリ等の情報記録媒体に記録された情報を再生する装置である。このような情報記録媒体に情報を記録する機能をさらに備えた装置(以下、光学情報再生装置において記録機能を備えたものを光学情報記録再生装置という場合がある。)も提供されている。

[0003] さらに大容量化を実現するために、情報を3次元的に記録できる情報記録媒体として、複数の記録層が積層された多層構造の情報記録媒体が提供されている。図7には、このような多層構造の情報記録媒体を含む、従来の光学情報記録再生装置の一例が示されている(例えば、非特許文献1参照。 )。

[0004] 図7に示す情報記録媒体121には、ガラス基板104上に記録部103が設けられており、記録部103は記録層101a〜101dと中間層102a〜102cとが交互に積層されることにより形成されている。すなわち、情報記録媒体121は、複数の記録層が対物レンズ(各記録層に記録光や再生光を集光するための対物レンズ106)の光軸方向(図中、Z軸方向)に積層されているので、3次元的な情報の記録が可能である。

[0005] 図7に示す従来の光学情報記録再生装置には、記録用光源120a及び再生用光源120bが設けられている。記録用光源120aはTiサファイアレーザである。この光源120aから出射された、波長が790nmであってピークパワーの大きい記録光122aは、ビームスプリッタ118aを通過し、ビームエキスパンダー123によりビーム径を拡大され、さらに、ビームスプリッタ118bを通過し、対物レンズ106により、3次元的に記録可能な多層構造の情報記録媒体121の目的とする記録層(図中では記録層101c)に集光される(収束光107)。集光部で生じる、例えば2光子吸収現象等のような非線

形吸収現象を利用して、記録層101cに記録マークとして記録ピット105を形成することにより情報の記録が行われる。

[0006] 再生用光源120bはHe-Neレーザである。この光源120bから出射された、波長が $0.6328\mu\text{m}$ であってピークパワーの小さい再生光122bは、ビームスプリッタ118aで-Z軸方向に曲げられ、その後、記録光122aと同様の光路を経由して目的とする記録層(図中では記録層101c)に集光される。記録ピット105で反射された光は、ビームスプリッタ118bでY軸方向に曲げられて、検出レンズ111で集光される。検出レンズ111の集光点にはピンホールを有するピンホール板114が配置されており、ピンホールを通過した光を光検出器119で検出することにより信号を再生できる。

[0007] 図8は、Z軸に垂直なXY平面を示しており、一記録層に形成された記録ピット105が模式的に示されている。図中、記録ピット105にはハッチングが施されている。また、破線で示された正方形は未記録ピットを示している。記録ピット105は正方形で、Y軸方向のピットサイズであるマーク長(図中、MLで示す。)は $0.5\mu\text{m}$ 、トラックピッチ(図中、TPで示す。)は $1\mu\text{m}$ である。なお、図中、Y軸方向はトラック方向を示し、X軸方向はトラック方向に対して垂直な方向を示している。

[0008] 図8に示したように、上記従来の光学情報記録再生装置における情報の記録は、記録ピットの大きさは同じで、ピット形成の有無により情報が記録されるマークポジション記録である。このマークポジション記録よりも一層当たりの記録容量を大きくできる記録方式として、マーク長記録方式がある。マーク長記録方式とは、記録マークの長さを変化させることで記録を行う方法であり、マークポジション記録に比べて一層当たりの記録容量を2倍程度以上とすることも可能である。

非特許文献1:河田善正:“フェムト秒レーザを用いた3次元光メモリ”、オプトロニクスp. 138-142(2001年)

[0009] しかしながら、上記従来の装置では、目的とする記録層(例えば、図7に示す記録層101c)に記録された情報を再生する際、より手前(光入射側、対物レンズ106側)に位置する記録層101a, 101bに形成された記録ピットにより、収束光107の回折ロスが生じて光が損失し、情報の再生が困難となるという問題があった。すなわち、手前にある記録層の層数が多い場合、目的とする記録層に到達するまでに光が減衰し

過ぎて再生不可能になるため、層数の多い大容量の情報記録媒体について情報を再生することが困難であった。

### 発明の開示

[0010] 本発明の光学情報記録媒体は、3次元的に情報の記録が可能で、且つ所定のトラックピッチを有するトラックが設けられた記録部を含んでおり、マーク長記録方式にて前記記録部の前記トラックに沿って複数の記録マークが形成されることにより情報が記録され、前記記録マークについてトラック方向を縦方向とし、トラック方向に対して垂直な方向を横方向とする場合に、実質的に同一平面上に位置する記録マークにおいて、縦方向長さの方が横方向長さよりも大きい縦長形状の記録マークの総面積が、縦長形状以外の形状を有する記録マークの総面積よりも大きい情報記録媒体と、波長 $\lambda_1$ の再生光を出射する第1の光源と、前記第1の光源から出射された再生光を前記情報記録媒体の記録部に集光する対物レンズと、前記記録部からの反射光を受光して再生信号を検出する第1の光検出器と、を含む光学情報再生装置であって、前記情報記録媒体のトラックピッチは、前記再生光の波長 $\lambda_1$ の1.3倍以下であり、前記再生光は、前記情報記録媒体に集光される際、前記情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含むことを特徴としている。ただし、トラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含むとは、トラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分の振幅が他の偏光成分よりも大きいということである。また、ここでいうトラックは、トラック溝が形成されている構成に加えて、トラック溝が形成されておらず、記録マークが形成されていない状態では記録マークを記録していく道筋としてトラックが仮想的に想定されている構成も含むものとする。

[0011] なお、本発明の光学情報再生装置は、情報の再生機構と共に記録機構を備えた光学情報記録再生装置を包含する。

### 図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、本発明の光学情報再生装置の一実施形態の基本構成と、光の伝搬の様子とを示す概略図である。

[図2]図2は、図1に示す光学情報再生装置に含まれる情報記録媒体に記録された

記録マークを示す模式図である。

[図3]図3は、本発明の光学情報再生装置の一実施例について、情報記録媒体の記録層一層当たりの透過率と記録層の厚さとの関係を示す図である。

[図4]図4は、本発明の光学情報再生装置の別の実施例について、情報記録媒体の記録層一層当たりの透過率と記録層の厚さとの関係を示す図である。

[図5]図5は、本発明の光学情報再生装置のさらに別の実施例について、情報記録媒体の記録層一層当たりの透過率と記録層の厚さとの関係を示す図である。

[図6]図6は、本発明の光学情報再生装置の別の実施形態の基本構成と、光の伝搬の様子とを示す概略図である。

[図7]図7は、従来の光学情報記録再生装置の一例の構成と、光の伝搬の様子とを示す概略図である。

[図8]図8は、図7に示す光学情報記録再生装置に含まれる情報記録媒体に記録された記録マークを示す模式図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

[0013] 本発明の光学情報再生装置は、3次元的に情報の記録が可能な情報記録媒体の記録部にマーク長記録方式にて記録された情報を再生する際、情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含む光(例えば、トラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光や、トラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分とする楕円偏光)を再生光として用いている。なお、情報記録媒体のトラックピッチは再生光の波長 $\lambda_1$ の1.3倍以下である。記録部内においてほぼ同一平面上に形成された記録マークの列を一記録面(一記録層)とすると、本発明の装置のような再生光により、再生の目的とする情報が記録されている記録層よりも手前(光入射側、対物レンズ側)に位置する記録層の記録マークに起因する回折ロスを減少させることができる。これにより、3次元的に情報が記録された情報記録媒体であっても、良好なSN比(S/N)で情報を再生できる。また、記録層の層数が多くても情報の再生が可能となるため、層数を増加させて容量を増加させることも可能となる。

[0014] 本発明の光学情報再生装置では、第1の光源が情報記録媒体のトラック方向に対

して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含有する再生光を出射する構成としてもよく、記録部に集光される再生光が情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含むように、第1の光源と対物レンズとの間の光路中に、第1の光源から出射された再生光の偏光状態を変換する光学部品(例えば波長板)をさらに含む構成としてもよい。

[0015] 本発明の光学情報再生装置は、再生機構のみでなく記録機構を備えた光学情報記録再生装置であってもよい。この場合、前記第1の光源がさらに記録光を出射するような構成としてもよく、記録光を出射する第2の光源をさらに備えた構成としてもよい。光学情報記録再生装置である場合、対物レンズは再生光と同様に記録光を情報記録媒体に含まれる記録部に集光することができる。このとき、記録部に集光される記録光が、情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含有してもよい。また、再生光の波長 $\lambda_1$ と記録光の波長 $\lambda_2$ とは互いに異なっており、波長の違いを利用して、記録部に集光される再生光が情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含有するように、且つ記録部に集光される記録光が円偏光となるように、第1の光源と対物レンズとの間の光路中に、第1の光源から出射された再生光の偏光状態と、第1の光源又は第2の光源から出射された記録光の偏光状態とを変換する光学部品がさらに設けられていてもよい。この光学部品には、例えば、再生光に対して実質的に $\lambda_1/2$ の整数倍板、すなわち $\lambda_1/2$ 板、 $\lambda_1$ 板、 $3\lambda_1/2$ 板等として機能し、且つ記録光に対して実質的に $\lambda_2/4$ 板として機能する波長板を用いることができる。また、記録光としてパルス光を用い、非線形吸収現象を利用して記録部に記録マークを形成してもよい。なお、本明細書における非線形吸収現象とは、記録部の吸収感度が照射した光のエネルギーに比例しない現象のことであり、例えば、吸収感度に閾値がある場合、吸収感度が光のエネルギーのほぼ2乗特性となる2光子吸収や、ほぼ $n$ 乗特性( $n$ は3以上の整数)となる多光子吸収が発生する場合、2光子吸収や多光子吸収がきっかけとなりプラズマが生じる場合、およびこれらが組み合わされる場合等に生じる現象を含んでいる。このように非線形吸収現象を利用して情報を記録する場合は、更なる高密度化を実現するために、再生光の波長 $\lambda_1$ を記録光の波長 $\lambda_2$ よりも短くすること

が好ましい。

[0016] 本発明の光学情報再生装置は、さらに、情報記録媒体と第1の光検出器との間の光路中に、ピンホールが設けられたピンホール板を含んでもよい。このピンホール板には、反射光に含まれている目的の情報を反映する光を通過させるような径を有するピンホールを設けておく。このようなピンホール板を配置することで、第1の光検出器が再生すべき記録層とは異なる記録層からの反射光(不要反射光)の検出を抑制できるので、層間クロストークを減少させることができる。また、第1の光検出器に設けられた受光部の面積を反射光に含まれている目的の情報を反映する光を受光する面積に設定することで、反射光をピンホールに通過させなくても同様の効果を得ることができる。

[0017] 本発明の光学情報再生装置は、フォーカス/トラック誤差信号を検出する第2の光検出器と、情報記録媒体と第2の光検出器との間の光路中に配置されて反射光を分岐するフォーカス/トラック誤差信号検出素子とをさらに含んでもよい。このとき、ピンホール板が設けられている場合は、フォーカス/トラック誤差信号検出素子にて分岐された少なくとも一つの分岐光をピンホールに通過させることなく第2の光検出器に導くようにする。

[0018] 本発明の光学情報再生装置において、情報記録媒体に形成される記録マークがボイド(詳細については後述する。)である場合は、本発明の効果が大きい。また、記録マークは、記録材料の屈折率変化を利用して形成された記録ピットでもよい。

[0019] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

[0020] (実施の形態1)

本発明の実施の形態1の光学情報再生装置について、図1及び図2を用いて詳細に説明する。なお、本実施の形態の光学情報再生装置は再生機能に加えて記録機能も備えているため、以下、光学情報記録再生装置と記載する。

[0021] 図1は、本実施の形態における光学情報記録再生装置の基本構成と光の伝搬の様子を示す概略図であり、図2は、同光学情報記録再生装置に含まれる情報記録媒体に形成された記録マークを示す概略図である。

[0022] 本実施の形態の光学情報記録再生装置には、記録用光源(第2の光源)20a及び

再生用光源(第1の光源)20bの2種類の光源が設けられている。記録用光源20aから出射される記録光22aの波長 $\lambda_1$ と、再生用光源20bから出射される再生光22bの波長 $\lambda_2$ とは互いに異なる。これら2つの光源20a, 20bから情報記録媒体21までの光路中に、ビームスプリッタ18a、コリメータレンズ16、ビームスプリッタ18b、立ち上げミラー12、波長板10、球面収差補正素子13及び対物レンズ6が配置されている。復路となる、ビームスプリッタ18bから光検出器19a, 19bへの光路には、フォーカス／トラック誤差信号検出素子15及び検出レンズ11が設けられている。さらに、検出レンズ11と再生信号を検出する第1の光検出器19aとの間の光路には、情報記録媒体21の層間クロストークを減少させるためのピンホールを有するピンホール板14が配置されている。

[0023] 情報記録媒体21は3次的に記録可能な媒体であり、基板9上に記録部3及び保護層4が設けられた構成であり、情報の記録及び再生時には保護層4が光入射側となるように配置される。記録部3には、記録層1a〜1dと中間層2a〜2cとが交互に積層されている。なお、本実施の形態では、4層の記録層と3層の中間層とにより記録部3が形成されているが、積層される記録層の数はこれに限定されない。また、記録部3は必ずしも複数の記録層が積層された多層構造である必要はなく、3次的に情報が記録できればよい。このため、いわゆるバルクの構造のように記録部3の全体が一つの記録層にて形成されており、この記録層が3次的に情報が記録できるものであれば問題ない。

[0024] 情報記録媒体21の記録層1a〜1dは、例えば所定の温度で熱変形等が生じて屈折率に変化する材料にて形成されており、屈折率変化が生じた部分が記録ピット(記録マーク)5となる。図2には、情報記録媒体21の記録部3を構成している複数の記録層のうちの一つについて、各トラックに形成された記録ピット5の列が模式的に示されている。本実施の形態においては、各記録層における各トラックは、トラック溝はなく、仮想的に想定されたものであり、各記録マークを記録していく道筋をトラックとしている。しかし、トラック溝等を実際に設けてもよい。なお、図2では5本のトラック23a〜23eのみを示しており、各トラックに形成された記録ピット5にはハッチングが施されている。また、図中、Y軸はトラック方向を示しており、X軸はトラック方向に対して垂直な

方向を示している。記録ピット5はマーク長記録方式にて形成されており、トラック方向の長さ(縦方向の長さ)(図中、MLで示す。以下、マーク長と表記することもある。)は複数段階(例えば7段階)で変化する。記録ピット5の幅(横方向の長さ)は一定である。なお、図2ではトラック方向をY軸方向に延びる直線としているが、情報記録媒体21がディスク形状の場合は、トラックは円弧の一部となる曲線である。従って、情報記録媒体21がディスク形状の場合、X軸方向がディスクのラジアル方向に相当し、Y軸方向がディスクに設けられたトラックのタンジェンシャル方向に相当する。

[0025] 本実施の形態の光学情報記録再生装置の情報記録媒体21では、互いに隣接するトラックの間隔を表すトラックピッチ(図中、TPで示す。)は、再生光22bの波長 $\lambda_1$ の1.3倍以下であり、好ましくは再生光22bの波長 $\lambda_1$ 以下である。このようなトラックピッチに設定することにより、記録層の透過率を高くすることができる。再生光22bの波長 $\lambda_1$ が例えば $0.405\mu\text{m}$ の場合、トラックピッチは、例えば $0.32\mu\text{m}$ とできる。本実施の形態では、記録ピット5のマーク長は、例えば $0.149\mu\text{m}$ 〜 $0.596\mu\text{m}$ の範囲で7段階に変化させており、いわゆる2T〜8Tの記録マークに相当する。基本長さTは $0.0745\mu\text{m}$ である。記録ピット5の幅は、トラックピッチの半分とすることができ、例えば $0.16\mu\text{m}$ である。この場合、3T〜8Tの記録ピット5は、縦方向の長さの方が横方向の長さよりも長い縦長形状(トラック方向に縦長の形状)である。従って、情報記録媒体21の各記録層では、縦長形状である記録マークの総面積が、縦長形状以外の形状の記録マークの総面積よりも大きい。

[0026] 本実施の形態では、2光子吸収現象や多光子吸収現象等の非線形吸収現象を利用して情報記録媒体21に情報を記録するため、記録用光源20aには、波長 $\lambda_2$ が例えば $0.66\mu\text{m}$ で、パルス幅が例えば100フェムト秒〜10ナノ秒のパルス光を出射する半導体パルスレーザ光源が好適に用いられる。一方、再生用光源20bには、波長 $\lambda_1$ が例えば $0.405\mu\text{m}$ の光を出射する半導体レーザ光源を用いることができる。光源に半導体レーザを用いることにより、小型化及び低コスト化が可能となる。非線形吸収現象を利用して情報を記録する場合、再生光22bの波長 $\lambda_1$ を記録光22aの波長 $\lambda_2$ よりも短くすることにより、より高密度化が図れる。その理由は、非線形吸収現象を利用して形成される記録ピットは、通常の記録で記録されたものよりも小さくでき



るためである。例えば、 $\lambda_2 = 0.66 \mu\text{m}$ で2光子吸収記録を行うとき、スポット径は、通常の場合よりも $1/(2^{1/2})$ 倍と小さくできるので、実質的には $0.47 \mu\text{m}$ の波長で通常記録した場合と同じである。そのため、再生光の波長 $\lambda_1$ を記録光の波長 $\lambda_2$ よりも短く、望ましくは $\lambda_1 = \lambda_2 / (2^{1/2})$ 程度に短くすることにより、 $\lambda_1 = \lambda_2$ の場合よりも約2倍の高密度化が可能となる。

[0027] 本実施の形態の情報記録再生装置は、情報記録媒体21に集光される際に再生光22bが情報記録媒体21のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光となるように構成されている。このような直線偏光を用いて上記のようなマーク長記録方式にて記録された情報を再生することにより、目的とする記録層に到達するまでに他の記録層を通過しなければならない場合でも、光の回折ロスを減少させて良好な再生信号を得ることができる。なお、情報記録媒体21に集光される記録光の偏光状態は特には限定されず、本実施の形態では円偏光となるように装置を構成している。

[0028] 波長板10は、対物レンズ6と光源20a、20bとの間の記録光22a及び再生光22bの共通光路に配置されているが、波長の違いを利用して、記録光22aの波長 $\lambda_2$ に対しては実質的に $1/4$ 波長板又はそれに近くなるように設計され、再生光22bの波長 $\lambda_1$ に対しては実質的に $1/2$ の整数倍の波長板、すなわち $1/2$ 波長板、1波長板又は $3/2$ 波長板等となるか、もしくはそれに近くなるように設計されている。これは、情報記録媒体21に集光された際に、再生光22bが直線偏光、記録光22aが円偏光となるようにするためである。また、ビームスプリッタ18aも、波長の違いを利用して、記録光22aは透過させ、再生光22bは反射させるように設計されている。さらに、ビームスプリッタ18bも、波長の違いを利用して、記録光22aに対しては偏光ビームスプリッタとして機能し、再生光22bに対しては、偏光方向にほとんど依存しないハーフミラーとして機能するように設計されている。

[0029] 次に、本実施の形態の光学情報記録再生装置における記録方法について説明する。図1に示すように、記録時においては、記録用光源20aからY軸方向に出射された、直線偏光でピークパワーの比較的大きなパルスレーザ光である記録光22aは、ビームスプリッタ18aを通過し、コリメータレンズ16により略平行光となり、ビーム分岐素子であるビームスプリッタ18bを透過して、立ち上げミラー12によって光路を-Z軸

方向に折り曲げられる。−Z軸方向に折り曲げられた記録光22aは、波長板10で実質的に円偏光に変換され、球面収差補正素子13を通過して(図中、8で示す光)、例えば、開口数NA=0.85、焦点距離2mmの対物レンズ6によって、情報記録媒体21の保護層4を通過して記録部3の目的とする記録層(図2では、記録層1b)に集光され(以下、情報記録媒体21に集光される光を収束光7という場合がある。)、2光子吸収現象又は多光子吸収現象等のような非線形吸収現象を利用して、記録層1bに、図2に示すような記録ピット5の列が記録される。

[0030] 収束光7が目的とする記録層に到達するまでに通過する記録部3の厚さが、記録ピット5の記録深さにより異なるので、記録用光源20aから対物レンズ6までの光路中に設けた球面収差補正素子13で、記録部3中に記録する記録ピット5の記録深さに応じて球面収差量を制御しながら記録するようにすれば、良好な記録ピット5を形成可能である。球面収差補正素子13には、屈折率分布が可変である液晶素子や、凹レンズと凸レンズを組み合わせてアクチュエータで両レンズの光軸方向の間隔を可変にしたビームエキスパンダー等を用いることができる。

[0031] 例えば2光子吸収現象を利用して記録を行う場合、記録波長 $\lambda_2$ のちょうど半分の波長の光を吸収する材料を記録材料として用いれば、例えば、数100mW〜数W以上と比較的ピークパワーが高く、100フェムト秒〜10ナノ秒のパルス幅の小さい記録光を照射すると、対物レンズ6により集光された光のパワー密度の高い部分(集光点)に波長が半分になったような効果が生じて、記録材料に吸収が起こり、記録ピット5が記録される。このように集光点のみで吸収が生じるため、深い領域の記録層に記録を行う場合であっても光がそれほど減衰されない。このため、非線形吸収現象を利用した記録方法は、多層メモリ等のような3次元光メモリに適している。

[0032] 一般に、記録ピット5は、記録層1の光学定数の変化を利用して、3次元的に記録されるが、本実施の形態では、記録材料の屈折率変化を主に利用して記録している。記録材料としては、例えば、フォトポリマー、ジアリールエテン等の色素、酸化亜鉛(ZnO)等からなる超微粒子を混入した樹脂及び $\text{TeO}_2$ 等が適しており、屈折率変化を利用することにより光の吸収損失を減らすことができる。記録光の照射の仕方により屈折率変化量を制御できるが、数W〜数10kWと比較的ピークパワーの高いパルス

光を用いると、ボイドと言われる中空のピットを形成することも可能である。なお、中空のピットを形成するとは、記録層に穴を設けるということである。ボイドの場合は、屈折率が1.0であるので、記録材料の屈折率が例えば1.7の場合、屈折率変化量は $\Delta n = -0.7$ と大きくなる。このため、コントラスト良く信号を再生できるという効果がある。なお、相変化材料にて記録層を形成する場合、光の吸収を利用した記録であるため記録層の層数が多い場合は向かないが、2〜6層程度の多層構造の情報記録媒体における記録層として使うことは可能である。

[0033] 次に、本実施の形態の光学情報記録再生装置における再生方法について説明する。再生時においては、再生用光源20bから出射された直線偏光のレーザ光である再生光22bは、ビームスプリッタ18aによりY軸方向に折り曲げられ、コリメータレンズ16により略平行光となり、ビームスプリッタ18bを透過して、立ち上げミラー12によって光路を-Z軸方向に折り曲げられる。-Z軸方向に折り曲げられた再生光22bは、波長板10、球面収差補正素子13を通過して(図中、8で示す光)、直線偏光のまま、対物レンズ6によって情報記録媒体21の記録部3の目的とする記録層に集光する(収束光7)。対物レンズ6で情報記録媒体21に集光する再生光22bは、情報記録媒体21のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光である。具体的には、再生用光源20bがトラック方向に対して平行に偏光する直線偏光を出射する場合は、再生光22bの波長 $\lambda_1$ に対して1/2波長板として機能する波長板10を設けてトラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光に変換する。また、再生用光源20bがトラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光を出射する場合は、波長板10を再生光の波長 $\lambda_1$ に対して1波長板として機能するものを用いる、等により、上記のような直線偏光を得ることができる。このような偏光状態を有する光を再生光として用いることにより、記録層1bの記録ピット5を再生するときに、手前にある記録層1c、1dの記録ピット5による回折ロスを減らすことができる。

[0034] なお、手前の記録層に形成された記録ピット5による回折ロスを低下させるためには記録層一層あたりの厚さを薄くすることが好ましいが、記録層が薄すぎると情報の信号となる記録ピット5からの反射率が低下する。このため、例えば記録材料の屈折率が1.7で記録ピット5をボイドとする場合、反射率1%〜8%を得るために、記録層一

層あたりの厚さは $0.02\mu\text{m}$ 〜 $0.05\mu\text{m}$ とすることが好ましい。

[0035] 記録ピット5によって反射された光は、逆方向に折り返し、対物レンズ6、球面収差補正素子13、波長板10、立ち上げミラー12を順に通過し、ビームスプリッタ18bにより光軸をZ方向に曲げられ、回折型フォーカス／トラック誤差信号検出素子15によって複数の光に分岐させて(ただし、図1においては簡略化のため、回折型フォーカス／トラック誤差信号検出素子15から検出レンズ11までの光路において分岐光は図示せず。)、検出レンズ11により収束光17a, 17bとなる。検出レンズ11上でのリム強度は例えば0.8である。再生信号を得るための反射光である収束光17aは、ピンホール板14に設けられたピンホールを通過して、光検出器19aにより再生信号が検出される。分岐された、フォーカス／トラック誤差信号となる収束光17bは、ピンホールを通過させずに、別の第2の光検出器19bで検出される。フォーカス／トラック誤差信号となる収束光17bがピンホールを通過しない構成であるため、非点収差法や3ビームトラッキング法のような従来の方法で、それぞれフォーカス誤差信号やトラック誤差信号を検出することができる。

[0036] 検出レンズ11の焦点距離は、例えば33mmであり、光検出器19側でのエアリーディスク径は例えば $9.6\mu\text{m}$ となる。ピンホール板14は、再生信号検出のための収束光17aのほぼ焦点の位置にピンホールがくるように設置する。これは、再生する記録層1bの上下に位置する他の記録層1a, 1c, 1dで反射した光、すなわち、再生の目的とする記録層の記録ピットとは別の記録層の記録ピットで反射した光(不要反射光)であるクロストーク(層間クロストーク)光がピンホールサイズよりも広がって分布し、ピンホール板14を設けることにより、ピンホールサイズより広がった光がピンホール内に入らなくなるため、層間クロストークを減少させる効果がある。また、ピンホール板14を設ける代わりに、受光部がピンホール径の大きさを有する微小光検出器を第1の検出器19aとして用いることによっても、同様の効果が得られる。

[0037] 本実施の形態では、ピンホールの大きさを収束光17aのエアリーディスク径の5倍以下にすることによって、例えば、互いに隣接する記録層の間隔を $5\sim 8\mu\text{m}$ とした場合に問題ないレベル(層間クロストーク量 $\leq 30\text{dB}$ )まで再生信号の品質を向上させることが可能である。ピンホールの大きさを小さくすると記録層の間隔をより小さくするこ

とが可能となるが、小さくし過ぎると、ピンホールに入る光量が減少したり、環境温度により光学系が歪んで収束光17aがピンホールの中心からずれたりすることがあるため、それらを考慮してピンホールの大きさを決定する必要がある。

[0038] また、光学情報記録再生装置の別の例として、ビームスプリッタ18bを、記録光22aと再生光22bのどちらに対しても偏光方向にほとんど依存しないハーフミラーとし、且つ、波長板10を設けない構成としてもよい。この構成では、図1に示した光学情報記録再生装置よりも記録光22aの利用効率は低下するものの、情報記録媒体21内で生じる可能性のある複屈折の影響を低減できるという効果が得られる。また、記録光22aに関しても、回折ロスが少ない偏光方向になるので、情報記録媒体21中での光強度の減衰を抑制することが可能となる。

[0039] 次に、光の偏光状態と回折ロスとの関係を説明するために、光の偏光方向の違いに対する記録層の透過率の変化について具体的に述べる。図3は、偏光方向が異なる二種類の光について、情報記録媒体21を構成する記録層一層あたりの透過率と、記録層の厚さとの関係をそれぞれ示している。酸化亜鉛(ZnO)からなる微粒子約55 wt%とポリエステル約45wt%とを含む複合材料を用いて厚さが異なる記録層を作製し、それぞれの記録層について透過率を測定した。酸化亜鉛の微粒子としては、粒径30nm以下のものを用いた。記録層には、トラックピッチ $0.32\mu\text{m}$ のトラック上に、記録マークが形成されていた。ここでの記録マークは、幅は $0.16\mu\text{m}$ とし、マーク長は $0.149\mu\text{m}$ 〜 $0.596\mu\text{m}$ の範囲で7段階で変化させた、いわゆる2T〜8Tに相当する記録マークであった。記録マークはボイドとし、ボイドが形成されていない部分の記録層の屈折率は1.7、ボイド部分の屈折率は1.0であった。ここで用いた光は、Y方向偏光(トラック方向に偏光する直線偏光)及びX方向偏光(トラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光)であり、波長は共に $0.405\mu\text{m}$ であった。

[0040] 以上のような条件で記録層の透過率を測定したところ、X方向偏光の方が、Y方向偏光に比べて透過率が高いことが確認された。この結果によれば、トラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光を用いた場合、再生しようとする記録層よりも手前に位置する記録層の透過率を高く保つことができるので、再生光の回折ロスが減らせることが分かった。図3に示すように、例えば、厚さが $0.035\mu\text{m}$ のときの記録

層一層あたりの透過率は、X方向偏光では97.5%、Y方向偏光では95.8%であった。なお、円偏光の場合の透過率は、これらの2曲線の平均値である。例えば、厚さが $0.035\mu\text{m}$ の記録層を10層を通過したときの透過率は、X方向偏光及びY方向偏光に対してそれぞれ、77.6%、65.1%であり、20層を通過したときの透過率は、それぞれ、60.2%、42.3%である。このように、X方向偏光の方がY方向偏光よりも大幅に透過率が向上できることが分かった。透過率が向上すれば光の回折ロスを抑えることができるので、ノイズ光が減り再生信号光量が増える、信号のSN比を向上させることができる。その結果、積層する記録層の層数をさらに増加することも可能である。

[0041] また、記録材料にフォトクロミック材料であるジアリールエテンを用い、且つ記録マークを屈折率変化による記録ピットとした場合について、同様に記録層一層あたりの透過率を測定した。具体的には、中間層に屈折率1.45の紫外線硬化型樹脂を用いて記録部を作製した場合の結果を図4に、中間層に屈折率1.40の紫外線硬化型樹脂を用いて記録部を作製した場合の結果を図5に示す。なお、共に、記録マークが形成されていない部分の屈折率は1.55、記録マークの部分の屈折率は1.65、屈折率変化量 $\Delta n=0.1$ であった。図4及び図5に示す結果によれば、記録材料にジアリールエテンが用いられている場合であっても、同様に、X方向偏光の方がY方向偏光よりも高い透過率が得られることが確認された。

[0042] なお、本実施の形態で説明したように、情報記録媒体21に集光する再生光22bは情報記録媒体21のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光であることが好ましいが、トラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含む楕円偏光でもほぼ同様の効果が得られる。

[0043] 以上に説明したように、トラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光を再生光とすることにより、マーク長記録方式を用いて情報が記録されており、一層あたりの記録容量が大きく、さらに層数も多い情報記録媒体から情報を再生する際に、各記録層における回折ロスを減少させて透過率を向上させ、良好なSN比で各記録層を再生できる光学情報記録再生装置を提供できる。

[0044] (実施の形態2)

次に、本発明の実施の形態2の光学情報記録再生装置について、図6を用いて、実施の形態1で説明した光学情報記録再生装置と異なる点を中心に説明する。

[0045] 図6は、本実施の形態における光学情報記録再生装置の基本構成と光の伝搬の様子を示す概略図である。

[0046] 本実施の形態の光学情報記録再生装置は、記録光又は再生光としての光25を出射する光源24と、光源24から出射された光25を情報記録媒体21に含まれる複数の記録層1a〜1dの何れかに集光する対物レンズ6と、情報記録媒体21からの反射光17a, 17bを検出する第1の光検出器19a及び第2の光検出器19bとを具備している。さらに、光源24から出射された光25を対物レンズ6まで導くために、コリメータレンズ16、ビームスプリッタ26、立ち上げミラー12及び球面収差補正素子13が設けられている。ビームスプリッタ26と第1の光検出器19a及び第2の光検出器19bとの間には、実施の形態1の場合と同様に、回折型フォーカス/トラック誤差信号検出素子15、検出レンズ11及び少なくとも一つのピンホールを有するピンホール板14が設けられている。本実施の形態においては、情報記録媒体21に照射される収束光7は、情報記録媒体21のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光である。なお、実施の形態1で説明した装置と同じ番号が付与されているものは同様の機能を有する部材であるため、ここではその具体的な説明を省略する。また、情報記録媒体21に情報を記録する際にマーク長記録方式が用いられることや記録マークの形状等についても、実施の形態1と同様である。

[0047] 本実施の形態の光学情報記録再生装置が、実施の形態1で説明した装置と異なる点は、例えば、光源24として、波長 $0.405\mu\text{m}$ の直線偏光を出射する半導体レーザ光源を用い、記録光用と再生光用とに兼用にしていることである。光源24は、記録時にはパルス発振させてピークパワーの大きいレーザ光を出射し、再生時には連続発振させてピークパワーの小さいレーザ光を出射するものである。この構成では、光源が1つで良いので、構成が簡単になる。また、光源24として半導体レーザ光源を用いることにより、小型化、低コスト化が可能となる。なお、半導体レーザ光源は、出射される直線偏光の偏光状態がトラック方向に対して垂直な方向に偏光するように設定される。

- [0048] また、ビームスプリッタ26は、偏光ビームスプリッタではなく、偏光方向に依存しないハーフミラーである。これにより、波長板も不要になり、その分光利用効率は低下するものの、情報記録媒体21内で生じる可能性のある複屈折の影響を低減できる効果がある。
- [0049] 以上のような直線偏光を再生光として用いることにより、実施の形態1の光学情報記録再生装置の場合と同じように、各記録層における回折ロスを減少させて透過効率を向上させ、良好なSN比で各記録層を再生でき、一層あたりの記録容量が大きく層数も多い情報記録媒体に対応した情報記録再生装置を提供できる。なお、本実施の形態では、情報記録媒体21に照射される再生光に直線偏光を用いたが、情報記録媒体21のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含む楕円偏光を用いた場合も同様の効果が得られる。
- [0050] また、上記の実施の形態1及び2の光学情報記録再生装置で用いた対物レンズ、コリメータレンズ及び検出レンズは便宜上名付けたものであり、一般にいうレンズと同じである。
- [0051] また、上記の実施の形態1及び2の光学情報記録再生装置では、情報記録媒体として光ディスクを例に挙げて説明したが、これに限定されず、厚さや記録密度など複数の仕様の異なる媒体や、カード状やドラム状、テープ状の製品を情報記録媒体として含むことも本発明の範囲に含まれるものとする。

#### 産業上の利用可能性

- [0052] 本発明の光学情報記録再生装置によれば、マーク長記録方式により情報が記録された記録層を複数有する情報記録媒体を含む情報記録再生装置に関し、各記録層における回折ロスを減少させて透過率を向上させ、良好なSN比で各記録層を再生できる。また、回折ロスを減少させることができることから、さらに記録層の積層数を増加させることも可能となり、さらなる大容量化を図ることもできる。



## 請求の範囲

- [1] 3次元的に情報の記録が可能で、且つ所定のトラックピッチを有するトラックが設けられた記録部を含んでおり、マーク長記録方式にて前記記録部の前記トラックに沿って複数の記録マークが形成されることにより情報が記録され、前記記録マークについてトラック方向を縦方向とし、トラック方向に対して垂直な方向を横方向とする場合に、実質的に同一平面上に位置する記録マークにおいて、縦方向長さの方が横方向長さよりも大きい縦長形状の記録マークの総面積が、縦長形状以外の形状を有する記録マークの総面積よりも大きい情報記録媒体と、
- 波長  $\lambda_1$  の再生光を出射する第1の光源と、
- 前記第1の光源から出射された再生光を前記情報記録媒体の記録部に集光する対物レンズと、
- 前記記録部からの反射光を受光して再生信号を検出する第1の光検出器と、を含む光学情報再生装置であって、
- 前記情報記録媒体のトラックピッチは、前記再生光の波長  $\lambda_1$  の1.3倍以下であり、
- 前記再生光は、前記情報記録媒体に集光される際、前記情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含むことを特徴とする光学情報再生装置。
- [2] 前記記録部に集光される再生光が、前記情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する直線偏光である請求項1に記載の光学情報再生装置。
- [3] 前記記録部に集光される再生光が、前記情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分とする楕円偏光である請求項1に記載の光学情報再生装置。
- [4] 前記第1の光源が、前記情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含有する再生光を出射する請求項1に記載の光学情報再生装置。
- [5] 前記記録部に集光される再生光が前記情報記録媒体のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含むように、前記第1の光源と前記対物レンズとの間の光路中に、前記第1の光源から出射された再生光の偏光状態を変換

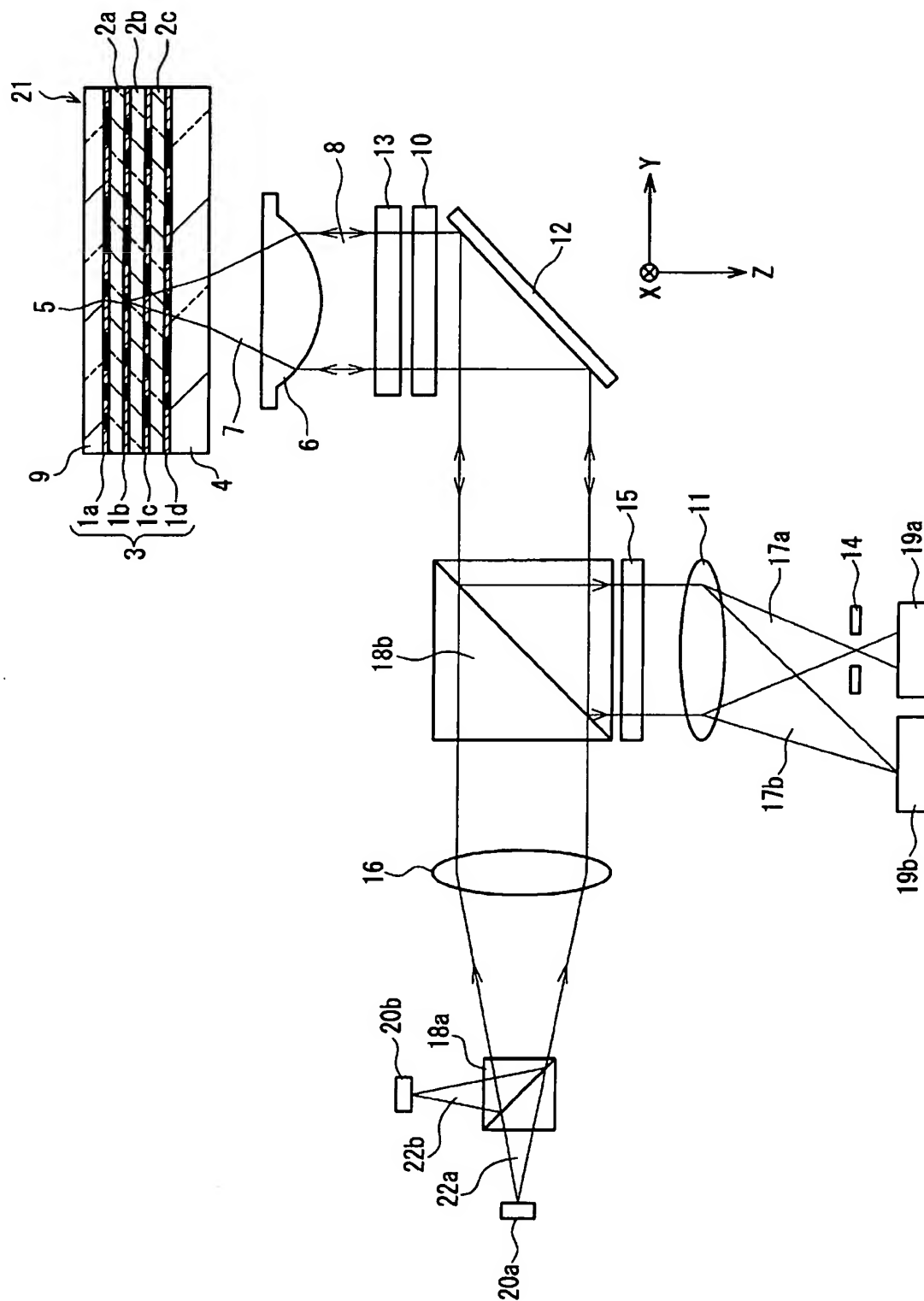
する光学部品をさらに含む請求項1に記載の光学情報再生装置。

- [6] 前記第1の光源は半導体レーザである請求項1に記載の光学情報再生装置。
- [7] 前記第1の光源が、さらに、波長 $\lambda_2$ の記録光を出射する請求項1に記載の光学情報再生装置。
- [8] 波長 $\lambda_2$ の記録光を出射する第2の光源をさらに含む請求項1に記載の光学情報再生装置。
- [9] 前記第2の光源は半導体レーザである請求項8に記載の光学情報再生装置。
- [10] 前記対物レンズは、前記記録光を前記情報記録媒体に含まれる記録部に集光し、前記記録部に集光される記録光は、前記記録部のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含有する請求項7又は8に記載の光学情報再生装置。
- [11] 前記対物レンズは、前記記録光を前記情報記録媒体に含まれる記録部に集光し、前記再生光の波長 $\lambda_1$ と前記記録光の波長 $\lambda_2$ とは互いに異っており、波長の違いを利用して、前記記録部に集光される再生光が前記記録部のトラック方向に対して垂直な方向に偏光する偏光成分を主成分として含有するように、且つ前記記録部に集光される記録光が円偏光となるように、前記第1の光源と前記対物レンズとの間の光路中に、前記第1の光源から出射された再生光の偏光状態と、前記第1の光源又は前記第2の光源から出射された記録光の偏光状態とを変換する光学部品をさらに含む請求項7又は8に記載の光学情報再生装置。
- [12] 前記光学部品は、前記再生光に対して実質的に $\lambda_1/2$ の整数倍板として機能し、且つ前記記録光に対して実質的に $\lambda_2/4$ 板として機能する波長板である請求項11に記載の光学情報再生装置。
- [13] 前記再生光の波長 $\lambda_1$ が前記記録光の波長 $\lambda_2$ よりも短い請求項7又は8に記載の光学情報再生装置。
- [14] 前記記録光はパルス光であり、非線形吸収現象を用いて情報の記録が行われる請求項7又は8に記載の光学情報再生装置。
- [15] 前記情報記録媒体と前記第1の光検出器との間の光路中に配置された、前記反射光に含まれている目的の情報を反映する光を通過させるピンホールを有するピンホ

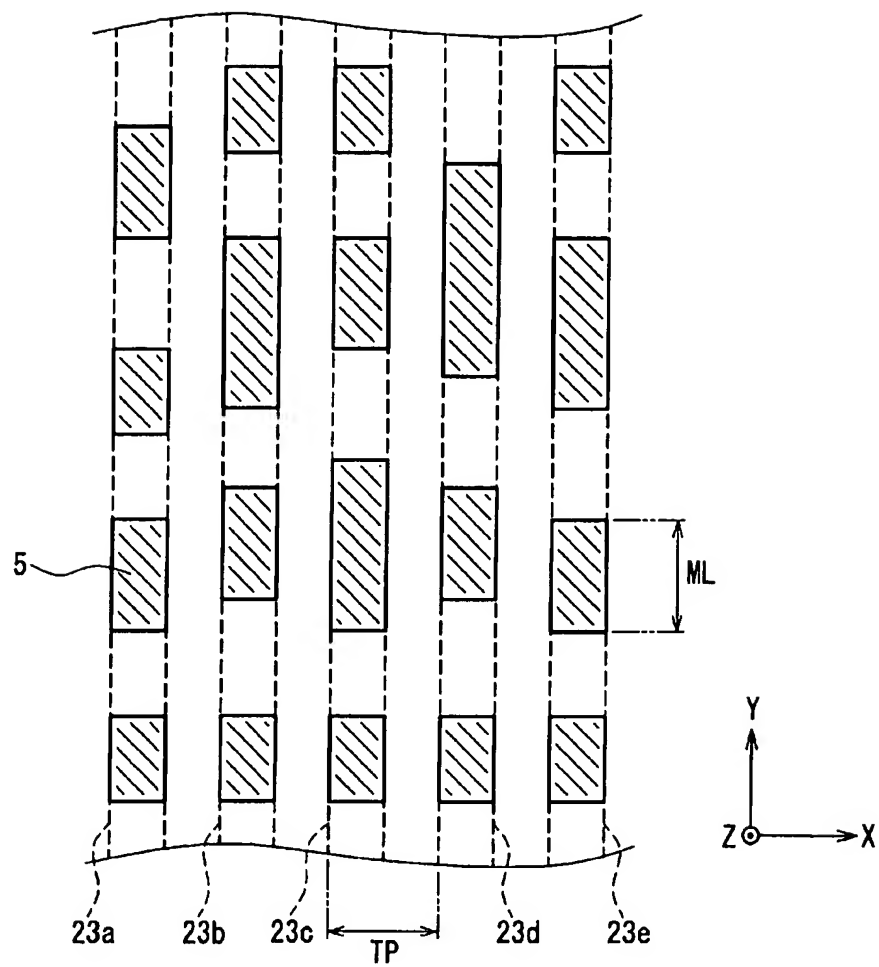
ール板をさらに含む請求項1に記載の光学情報再生装置。

- [16] 前記第1の光検出器に設けられた受光部の面積は、前記反射光に含まれている目的の情報を反映する光を受光する面積に設定されている請求項1に記載の光学情報再生装置。
- [17] フォーカス／トラック誤差信号を検出する第2の光検出器と、前記情報記録媒体と前記第2の光検出器との間の光路中に配置された、前記反射光を分岐するフォーカス／トラック誤差信号検出素子とをさらに含み、  
前記フォーカス／トラック誤差信号検出素子にて分岐された少なくとも一つの分岐光は、前記ピンホールを通過せずに前記第2の光検出器に導かれる請求項15に記載の光学情報再生装置。
- [18] 前記記録マークはボイドである請求項1に記載の光学情報再生装置。
- [19] 前記記録マークは、屈折率変化による記録ピットである請求項1に記載の光学情報再生装置。

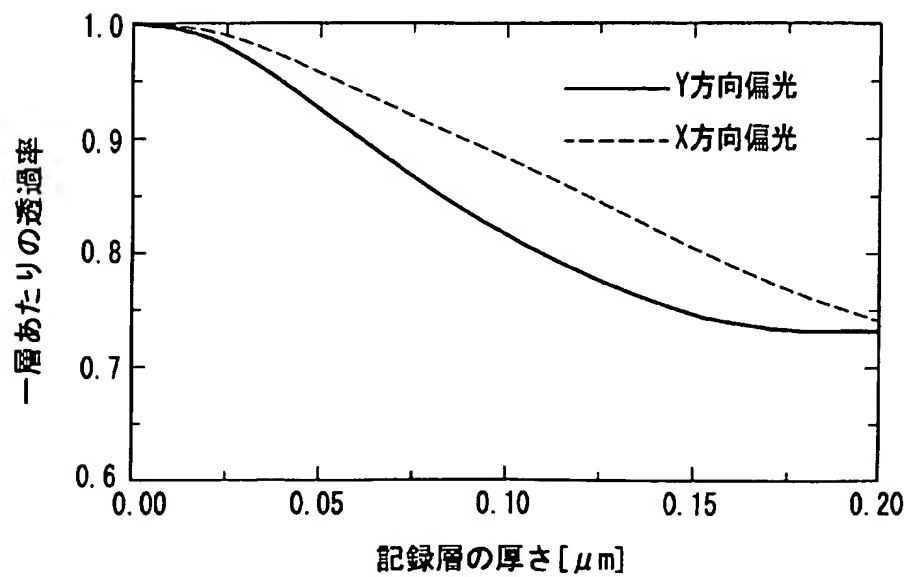
[図1]



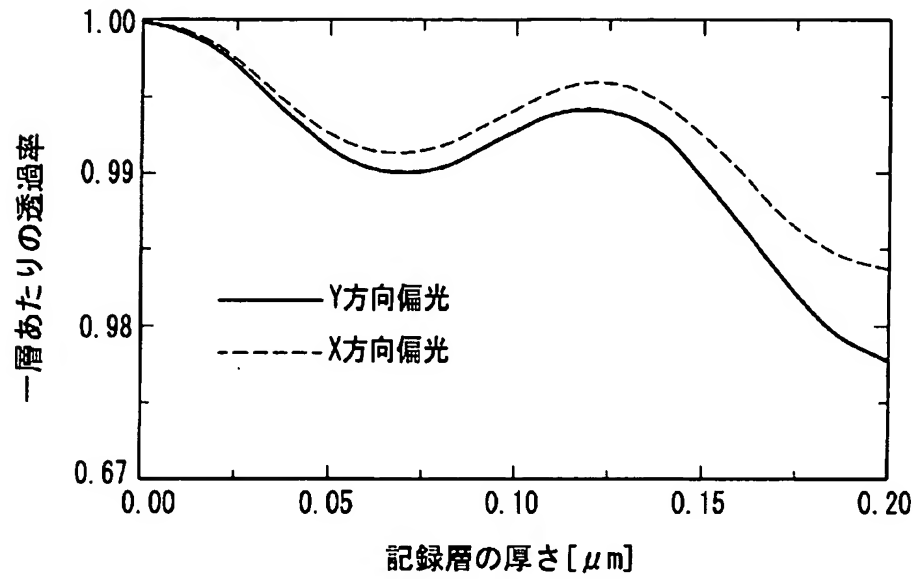
[図2]



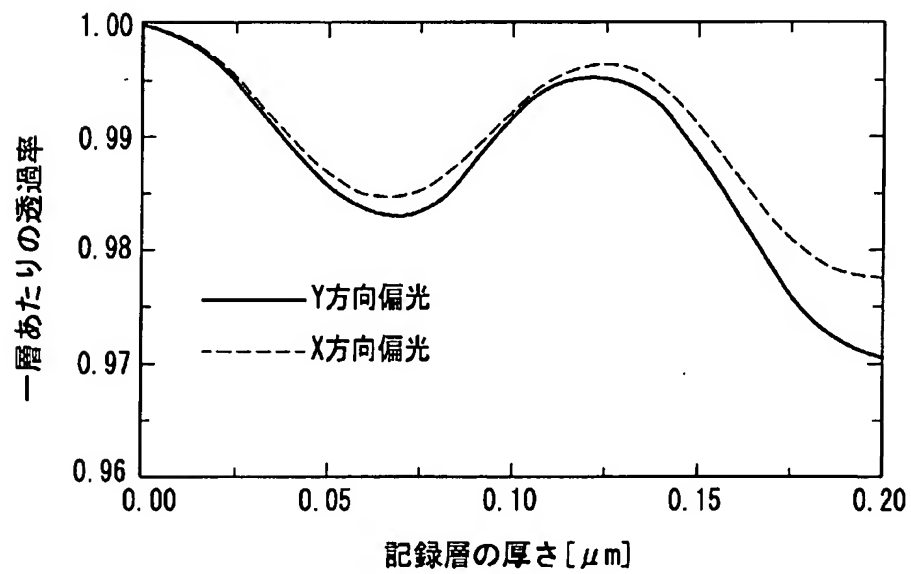
[図3]



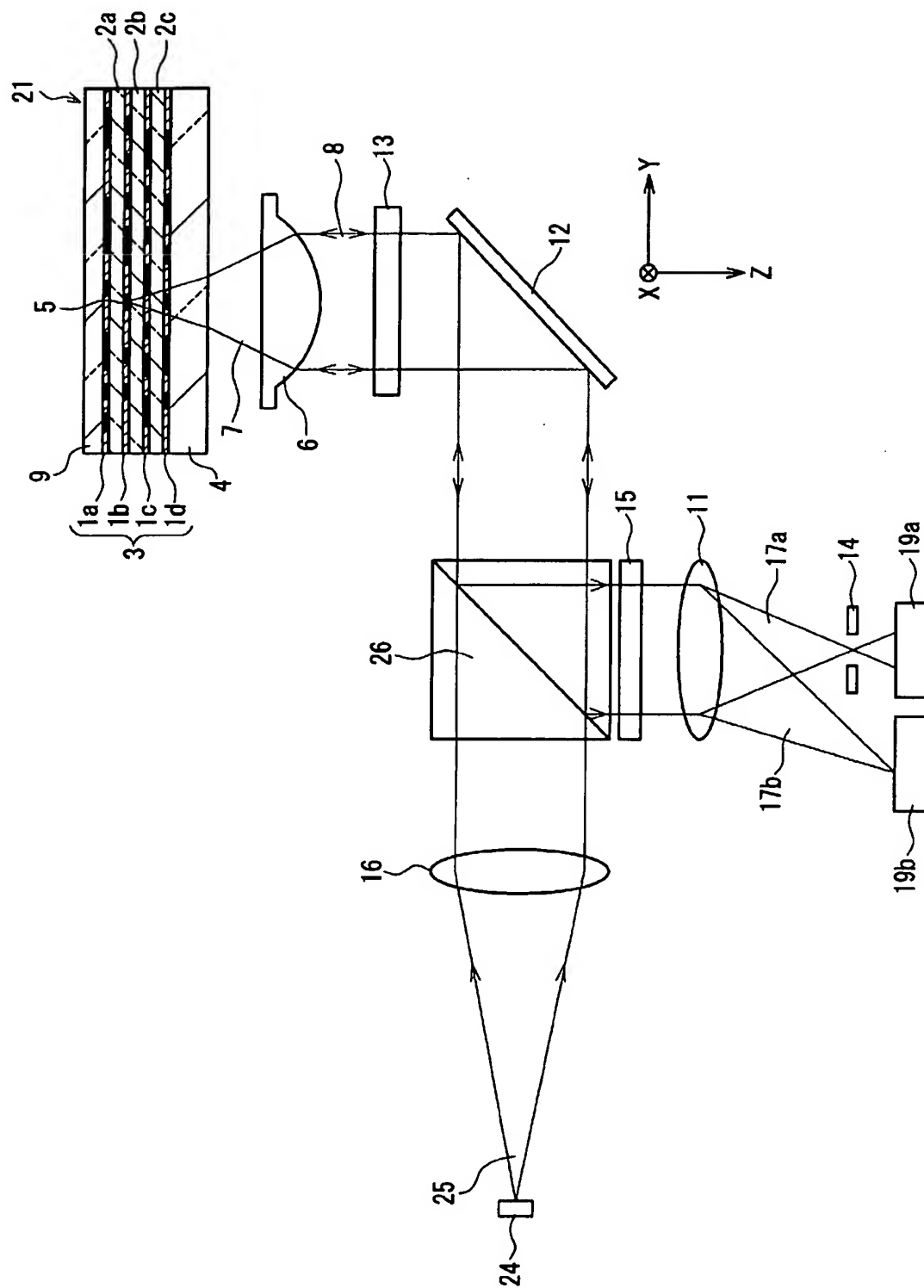
[図4]



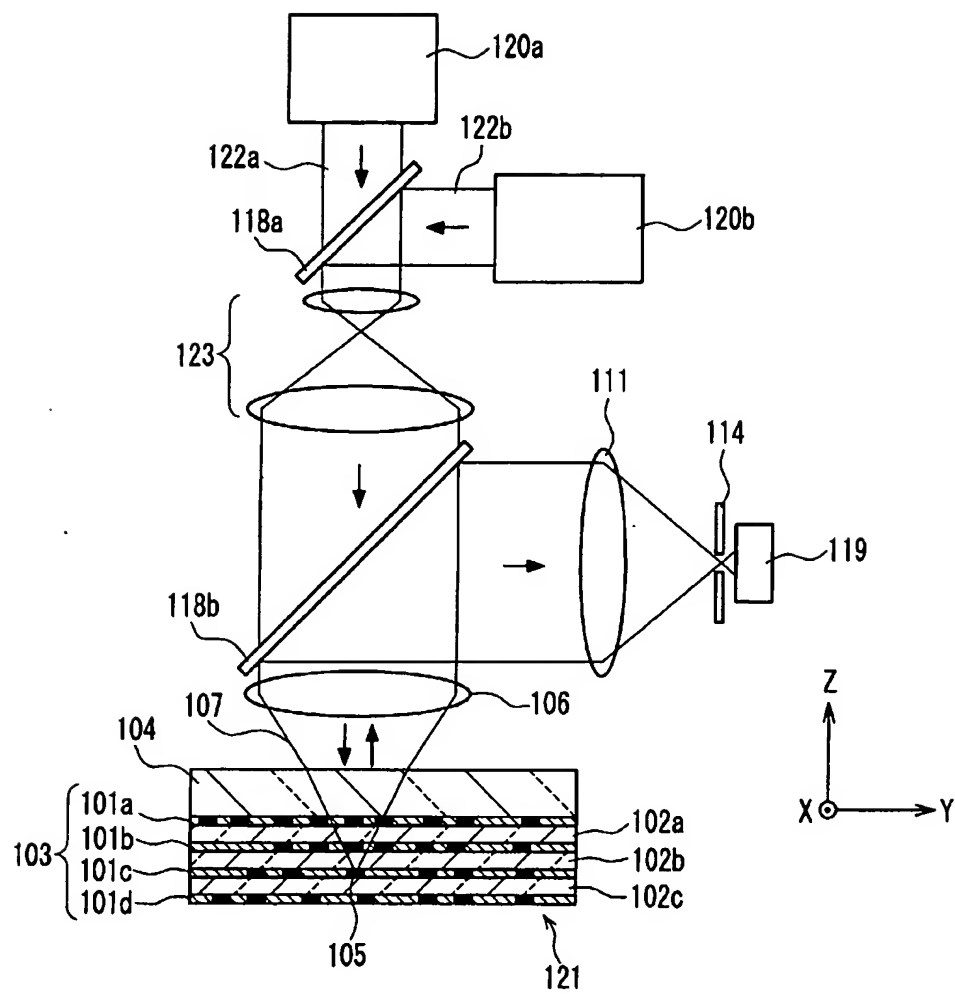
[図5]



[図6]

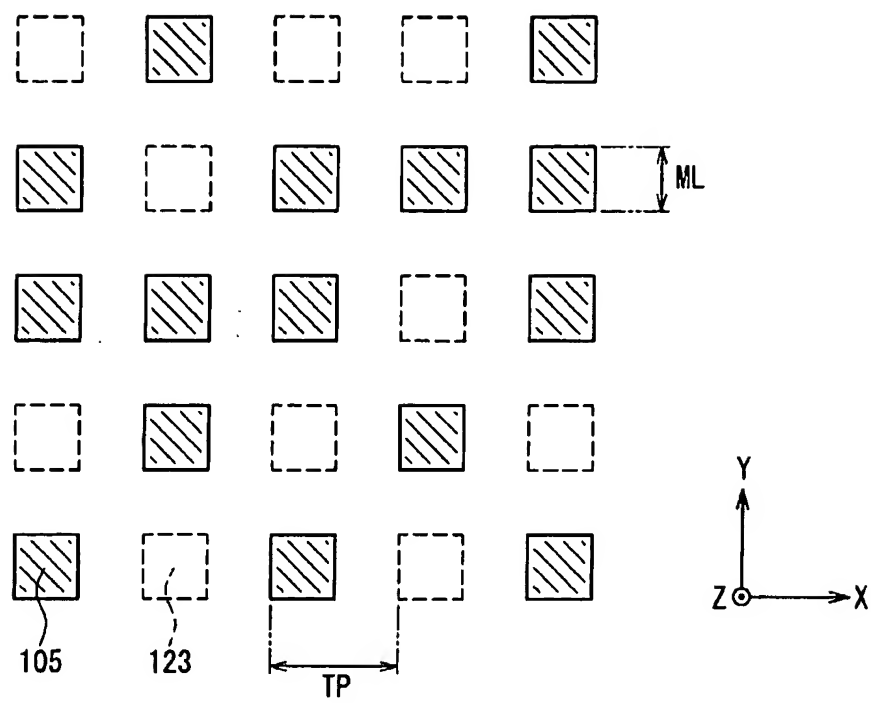


[図7]





[図8]



## 特許協力条約に基づく国際出願願書

紙面による写し(注意:電子データが原本となります)

VIII-5-1	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て(規則4.17(v)及び51の2.1(a)(v)) 氏名(姓名)	本国際出願 に関し、 松下電器産業株式会社 は、本国際出願の請求項に記載された対象が以下のように開示されたことを申し立てる。
VIII-5-1(i)	開示の種類:	刊行物
VIII-5-1(ii)	開示の日付:	2003年 11月 03日 (03.11.2003)
VIII-5-1(iii)	開示の名称:	2003年光メモリ国際シンポジウム (ISOM' 03) 論文概要集Fr-J-07「Microexplosion Recording in Spin-Coated Polymer Films Including ZnO Nanoparticles for 3D Optical Memory」
VIII-5-1(iv)	開示の場所:	2003年光メモリ国際シンポジウム (ISOM' 03)
VIII-5-1(v)	本申立ては、次の指定国のためになされたものである。:	すべての指定国